

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-022794
 (43)Date of publication of application : 23.01.1996

(51)Int.CI. H01J 37/22
 G01B 15/00
 G11B 7/26

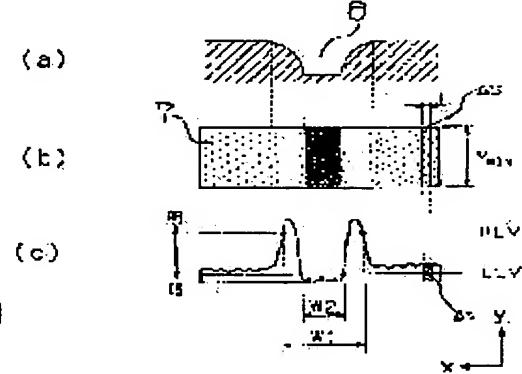
(21)Application number : 06-157769 (71)Applicant : RICOH CO LTD
 (22)Date of filing : 11.07.1994 (72)Inventor : SHIMIZU AKIHIKO

(54) GROOVE SHAPE MEASURING METHOD AND ITS DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To accurately calculate and measure a width of a groove or a track pitch from a plane image obtained from a sample surface of a scanning electron microscope.

CONSTITUTION: In a groove shape measuring method to measure the width of a groove 8 or a track pitch according to a secondary electron image obtained from surface observation of the groove 8 by a scanning electron microscope, the secondary electron image of the groove 8 is converted into image file data of a sequential file form. After a profile image of contrast is obtained by successively scanning the number of 'bright' existing in measuring unit areas in the width direction according to this image file data, an average value of the number of 'bright' existing in the respective measuring unit areas is set as AVG. At that time, an edge detecting slice level HLV to measure an opening part width W1 of the groove 8 and an edge detecting slice level LLV to measure a bottom part width W2 of the groove 8, are respectively calculated and set by [HLV=AVG \times SLU (herein, $1 < \text{SLU} < 2$)] and [LLV=AVG \times SLB (herein, $0 < \text{SLB} < 1$)].



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(51) Int.Cl. ⁶ H 01 J 37/22 G 01 B 15/00 G 11 B 7/26	識別記号 502 H B	府内整理番号 7215-5D	F I	技術表示箇所
--	-----------------	----------------	-----	--------

審査請求 未請求 請求項の数 6 O.L (全 12 頁)

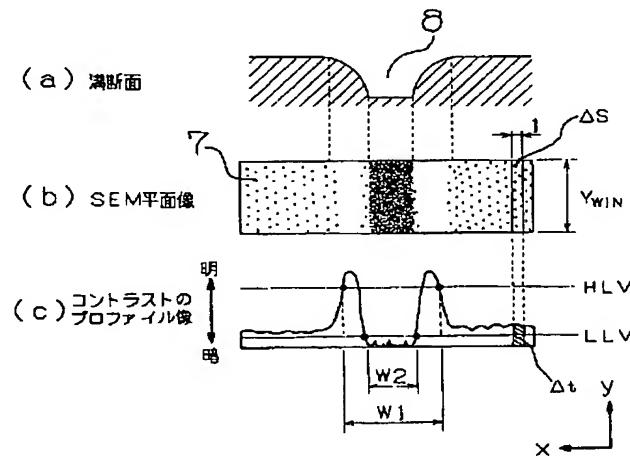
(21)出願番号 特願平6-157769	(71)出願人 000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(22)出願日 平成6年(1994)7月11日	(72)発明者 清水 明彦 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
	(74)代理人 弁理士 柏木 明 (外1名)

(54)【発明の名称】溝形状測定方法及びその装置

(57)【要約】

【目的】走査型電子顕微鏡のサンプル表面から得られる平面像から、正確に溝の幅やトラックピッチを算出測定可能にすること。

【構成】走査型電子顕微鏡により溝8の表面観察から得られる2次電子像に基づき溝8の幅やトラックピッチなどを測定する溝形状測定方法において、溝8の2次電子像をシーケンシャルファイル形式の画像ファイルデータに変換し、この画像ファイルデータに基づき測定単位領域内に存在する“明”の数を、幅方向に順次走査したコントラストのプロファイル像を得た後、各測定単位領域内に存在する“明”の数の平均値をAVGとしたとき、溝8の開口部幅W1を測定するためのエッジ検出用のスライスレベルHLVと、溝8の底部幅W2を測定するためのエッジ検出用のスライスレベルLLVとを、各々、 $HLV = AVG \times SLU$ (ただし、 $1 < SLU < 2$)、 $LLV = AVG \times SLB$ (ただし、 $0 < SLB < 1$)により算出設定するようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 走査型電子顕微鏡により溝の表面観察から得られる2次電子像に基づき前記溝の幅やトラックピッチなどの溝形状要素を測定する溝形状測定方法において、

前記溝の2次電子像をシーケンシャルファイル形式の画像ファイルデータに変換する第1工程と、

第1工程で得られた前記画像ファイルデータに基づき、前記溝の幅方向と垂直をなす溝方向に任意の長さと前記幅方向に画素の最小単位の1ドット分の長さとで囲まれた測定単位領域内に存在する“明”の数を、前記幅方向に順次走査したコントラストのプロファイル像を得る第2工程と、

第2工程で得られたコントラストのプロファイル像において、前記各測定単位領域内に存在する“明”の数の平均値をAVGとしたとき、溝の開口部幅を測定するためのエッジ検出用のスライスレベルHLVと、前記溝の底部幅を測定するためのエッジ検出用のスライスレベルLLVとを、各々

$$HLV = AVG \times SLU \quad (1 < SLU < 2)$$

$$LLV = AVG \times SLB \quad (0 < SLB < 1)$$

により算出設定する第3工程と、

第3工程で算出設定されたスライスレベルHLV, LLVに基づき検出される溝開口部又は底部のエッジの1つを用いて隣接溝間のトラックピッチを算出する第4工程とを有することを特徴とする溝形状測定方法。

【請求項2】 走査型電子顕微鏡により溝の断面サンプルから得られる2次電子像に基づき前記溝の幅やトラックピッチなどの溝形状要素を測定する溝形状測定方法に

$$\Delta t'_i = \frac{1}{n} \sum_k \Delta t_{i+k}$$

(ただし、n ≥ 3なる奇数で、n = 3のときには、k = -1, 0, 1、n = 5のときには、k = -2, -1, 0, 1, 2とする)により算出するコントラストのプロファイル像に対するスムージング処理を含むことを特徴とする請求項1又は2記載の溝形状測定方法。

【請求項4】 1回の測定対象が少なくとも2本以上の溝となるように測定範囲を設定し、各溝に関する測定結果の平均値と標準偏差とを算出するようにしたことを特徴とする請求項1又は2記載の溝形状測定方法。

【請求項5】 溝の幅方向の長さ設定と溝の幅方向と垂直をなす方向の長さ設定とを独立させて任意の測定範囲を設定自在としたことを特徴とする請求項4記載の溝形状測定方法。

【請求項6】 キーボード及び表示器を備えたパーソナルコンピュータなどのホストコントローラと、走査型電子顕微鏡による写真画像を取り込むためのイメージスキ

おいて、

前記溝の2次電子像をシーケンシャルファイル形式の画像ファイルデータに変換する第1工程と、

第1工程で得られた前記画像ファイルデータに基づき、前記溝の幅方向と垂直をなす深さ方向に任意の長さと前記幅方向に画素の最小単位の1ドット分の長さとで囲まれた測定単位領域内に存在する“明”の数を、前記幅方向に順次走査したコントラストのプロファイル像を得る第2工程と、

第2工程で得られたコントラストのプロファイル像において、前記各測定単位領域内に存在する“明”の数の最大値をMax、最小値をMin、その差をPPとしたとき、溝の開口部幅を測定するためのエッジ検出用のスライスレベルHLVと、前記溝の底部幅を測定するためのエッジ検出用のスライスレベルLLVとを、各々

$$HLV = Max - PP \times SLU \quad (0 < SLU < 0.5)$$

$$LLV = Min + PP \times SLB \quad (0 < SLB < 0.5)$$

により算出設定する第3工程と、

第3工程で算出設定されたスライスレベルHLV, LLVに基づき検出される溝開口部又は底部のエッジの1つを用いて隣接溝間のトラックピッチを算出する第4工程とを有することを特徴とする溝形状測定方法。

【請求項3】 第2工程において、各測定単位領域を順次走査して得られるコントラストのプロファイル像の各生データを Δt_i としたとき、スムージング処理後の各データ $\Delta t'_i$ を、

【数1】

ヤナなどの画像入力装置と、ハードディスクドライブなどの画像ファイルのメモリセーバとよりなり、

前記ホストコントローラが、

各コマンド処理を統括するメイン制御手段と、前記画像ファイルの入出力を実行する手段と、溝に関する測定範囲をカーソルにより移動させる手段と、前記測定範囲の大きさを設定する手段と、コントラストのプロファイル像においてエッジを検出するためのスライスレベルを設定する手段と、ファーリングされた前記画像ファイルの一覧を前記表示器に表示させる手段と、溝の幅や隣接溝間のトラックピッチを測定して結果を前記表示器に表示させる手段とを有し、

前記メイン制御手段が、前記キーボードからのコマンド入力を各コマンドに割当てた1つのキー入力により処理する処理手段を有することを特徴とする溝形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、走査型電子顕微鏡による写真画像に対して画像処理技術を用いて光ディスク等のサブミクロンオーダの溝形状を分析測定するための溝形状測定方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、サブミクロンオーダの溝形状を観察できる装置として、走査型電子顕微鏡（以下、「SEM」という）、走査型トンネル顕微鏡（以下、「STM」という）、走査型レーザ顕微鏡がある。SEMは、加速電子をサンプルに入射し、そこから発生する2次電子の強度分布（2次電子像）により、サンプルの形状を観察できるものである。STMは、探針とサンプルとの間に電圧を印加し、探針とサンプルとを数 μ mまで接近させたときに流れるトンネル電流を検出することにより、サンプルの表面形状を観察できるものである。走査型レーザ顕微鏡は、集光ビームをサンプルに照射し、サンプルの表面から反射された回折光をフォトディテクタで採取し、その回折光の光強度分布を分析することにより、サンプルの表面形状を観察できるものである。

【0003】ここに、STMによる場合、サンプル表面からの観察で溝断面像を得ることができる。しかし、探針の先端形状を細くしないと、良好なる断面像が得られないものである。また、探針は測定に伴い経時に摩耗するため、十分に注意する必要もある。さらに、溝の深さを測定する上では有効な観察装置といえるが、上記の探針に関する問題・制約から、溝の微妙なスロープを観察することはできないものである。また、測定に30分程度もかかってしまい、作業効率の悪いものもある。また、走査型レーザ顕微鏡の場合、SEMやSTMに比べると、He-Neなどのレーザ光を使用しているため、測定分解能は原理的に最も低いものである。また、表面観察から溝断面像を得ることはできるものの、反射光の光強度から推定するものであり、溝断面の本来的な形を観察し得るものではない。

【0004】このようなことから、観察像として最も本来の溝形状に近い像が得られるSEMが観察手段として用いられ、このSEMによる観察像（写真）を電気信号に変換することにより、溝形状を測長するシステムが構成されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、SEMの場合、次のような問題がある。まず、サンプル表面からの観察で、溝断面像を得ることが困難である。また、溝幅の測長においても、溝のスロープが最も急な点をエッジとして検出するしかないので、溝断面が台形であっても溝開口部幅と溝底部幅とを測定することはできないものである。また、サンプルの溝断面を観察するためには、サンプルを断面方向にスライス或いは平面性よく分割する必要があるものの、2次電子像により真値に近い溝断

面を観察することができる特性を持つ。しかし、サンプルの溝断面は、ほぼ平坦であるため、溝幅測長を実行することができないものである。

【0006】結局、サンプル表面からのSEM観察で溝開口部幅と溝底部幅との溝幅測長が可能となれば、SEMが溝幅測定手段として最も有効であると考えられる。このようなことから、本発明では、SEMによりサンプル表面又はサンプル断面から観察して得られた平面像又は断面像に基づき、正確に溝幅及びトラックピッチを測定できる溝形状測定方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の溝形状測定方法は、SEMにより溝の表面観察から得られる2次電子像に基づき前記溝の幅やトラックピッチなどの溝形状要素を測定する溝形状測定方法において、前記溝の2次電子像をシーケンシャルファイル形式の画像ファイルデータに変換する第1工程と、第1工程で得られた前記画像ファイルデータに基づき、前記溝の幅方向と垂直をなす溝方向に任意の長さと前記幅方向に画素の最小単位の1ドット分の長さとで囲まれた測定単位領域内に存在する“明”的数を、前記幅方向に順次走査したコントラストのプロファイル像を得る第2工程と、第2工程で得られたコントラストのプロファイル像において、前記各測定単位領域内に存在する“明”的数の平均値をAVGとしたとき、溝の開口部幅を測定するためのエッジ検出用のスライスレベルHLVと、前記溝の底部幅を測定するためのエッジ検出用のスライスレベルLLVとを、各々

$$HLV = AVG \times SLU \quad (1 < SLU < 2)$$

$$LLV = AVG \times SLB \quad (0 < SLB < 1)$$

により算出設定する第3工程と、第3工程で算出設定されたスライスレベルHLV、LLVに基づき検出される溝開口部又は底部のエッジの1つを用いて隣接溝間のトラックピッチを算出する第4工程とを備えたものである。

【0008】請求項2記載の溝形状測定方法は、SEMにより溝の断面サンプルから得られる2次電子像に基づき前記溝の幅やトラックピッチなどの溝形状要素を測定する溝形状測定方法において、前記溝の2次電子像をシーケンシャルファイル形式の画像ファイルデータに変換する第1工程と、第1工程で得られた前記画像ファイルデータに基づき、前記溝の幅方向と垂直をなす深さ方向に任意の長さと前記幅方向に画素の最小単位の1ドット分の長さとで囲まれた測定単位領域内に存在する“明”的数を、前記幅方向に順次走査したコントラストのプロファイル像を得る第2工程と、第2工程で得られたコントラストのプロファイル像において、前記各測定単位領域内に存在する“明”的数の最大値をMax、最小値をMin、その差をPPとしたとき、溝の開口部幅を測定する

ためのエッジ検出用のスライスレベル HLV と、前記溝の底部幅を測定するためのエッジ検出用のスライスレベル LLV とを、各々

$$HLV = \text{Max} - PP \times SLU \quad (0 < SLU < 0.5)$$

$$LLV = \text{Min} + PP \times SLB \quad (0 < SLB < 0.5)$$

により算出設定する第3工程と、第3工程で算出設定されたスライスレベル HLV 、 LLV に基づき検出される

$$\Delta t'_i = \frac{1}{n} \sum_k \Delta t_{i+k}$$

(ただし、 $n \geq 3$ なる奇数で、 $n = 3$ のときには、 $k = -1, 0, 1$ 、 $n = 5$ のときには、 $k = -2, -1, 0, 1, 2$ とする)により算出するコントラストのプロファイル像に対するスムージング処理を含むようにしたものである。

【0010】請求項4記載の溝形状測定方法は、請求項1又は2記載の溝形状測定方法において、1回の測定対象が少なくとも2本以上の溝となるように測定範囲を設定し、各溝に関する測定結果の平均値と標準偏差とを算出するようにしたものである。

【0011】請求項5記載の溝形状測定方法は、請求項4記載の溝形状測定方法において、溝の幅方向の長さ設定と溝の幅方向と垂直をなす方向の長さ設定とを独立させて任意の測定範囲を設定自在としたものである。

【0012】請求項6記載の溝形状測定装置は、キーボード及び表示器を備えたパーソナルコンピュータなどのホストコントローラと、SEMによる写真画像を取り込むためのイメージスキャナなどの画像入力装置と、ハードディスクドライブなどの画像ファイルのメモリセーバとなりなり、前記ホストコントローラが、各コマンド処理を統括するメイン制御手段と、前記画像ファイルの入出力を実行する手段と、溝に関する測定範囲をカーソルにより移動させる手段と、前記測定範囲の大きさを設定する手段と、コントラストのプロファイル像においてエッジを検出するためのスライスレベルを設定する手段と、ファイリングされた前記画像ファイルの一覧を前記表示器に表示させる手段と、溝の幅や隣接溝間のトラックピッチを測定して結果を前記表示器に表示させる手段とを有し、前記メイン制御手段が、前記キーボードからのコマンド入力を各コマンドに割当てた1つのキー入力により処理する処理手段を有するものとして構成したものである。

【0013】

【作用】請求項1、2記載の溝形状測定方法においては、作業者によるSEM像の全体的な明暗差やコントラスト差に合わせて自動的に溝の開口部幅や底部幅を測定するためのエッジ検出用の2段階のスライスレベル HL

溝開口部又は底部のエッジの1つを用いて隣接溝間のトラックピッチを算出する第4工程とを備えたものである。

【0009】請求項3記載の溝形状測定方法は、これらの請求項1又は2記載の溝形状測定方法の第2工程において、各測定単位領域を順次走査して得られるコントラストのプロファイル像の各生データを Δt_i としたとき、スムージング処理後の各データ $\Delta t'_i$ を、

【数2】

LLV 、 LLV を第3工程で設定するので、溝断面観察に最も優れたSEM観察による特徴を活かしつつ、測定誤差の小さい状態で溝幅やトラックピッチを測定できるものとなる。

【0014】請求項3記載の溝形状測定方法においては、SEM像のざらつきや信号ノイズによる誤差成分を所定の演算式によるスムージング処理により除去するので、請求項1、2記載の溝形状測定方法においてコントラストのプロファイル像から溝のエッジを検出する際の誤動作が極力防止される。

【0015】請求項4記載の溝形状測定方法においては、1回の測定において複数の溝を測定対象とし、各溝に関する測定結果の平均値や標準偏差を算出するので、作業者は溝形状の品質を測定後に直ぐに判断できることになる。

【0016】請求項5記載の溝形状測定方法においては、請求項4記載の溝形状測定方法を実施する上で、測定範囲を設定自在としているので、測定に要する時間を短縮できる。

【0017】請求項6記載の溝形状測定装置においては、基本的に、ホストコンピュータと画像入力装置と画像ファイルのメモリセーバとにより構成できるので、低価格で構成し得る上に、キーボードからのコマンド入力を各コマンドに割当てた1つのキー入力で行えるので、簡単なキーボード操作で測定を行うことができ、作業効率のよいものとなる。

【0018】

【実施例】本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。まず、本実施例の溝形状測定方法を実施するための溝形状測定装置としてのシステム構成例を図2に示す。この溝形状測定装置1は、ホストコンピュータとしてのパーソナルコンピュータ（以下、単に「パソコン」という）2と、画像入力装置としてのイメージスキャナ3と、メモリセーバとしての3.5インチ光磁気ディスクドライブ（MOドライブ）4とを接続して構成されている。ここに、前記パソコン2は表示器としてCRT5を備え、かつ、キーボード（図示せず）やプリンタ（図示

せず) を備えたもので、さらに、後述するメイン制御手段等を構成する各種プログラムがROMなどに内蔵されたものである。前記イメージスキャナ3はSEM(図示せず)により撮影されたSEM写真画像を画像データとしてパソコン2側に取り込むためのものである。画像ファイルのメモリセーバとしては、MOドライブ4に限らず、ハードディスクドライブ等であってもよい。

【0019】このような溝形状測定装置1を用いて、まず、SEMによりサンプルの溝の表面観察から得られる2次電子像(平面像)に基づく溝形状の測定原理について説明する。まず、第1工程として、イメージスキャナ3から取り込まれた画像データは、パソコン2において、シーケンシャルファイル形式の画像ファイルデータに変換される。このシーケンシャルファイル形式の画像ファイルデータ6は、例えば、図3に示すようなものである。図3の場合、線密度50dpi、拡大率としてx方向150%、y方向145%、範囲としてx方向1.26cm、y方向11.79cmであり、SEM写真的倍率が10,000倍の場合、1ドットの長さ(最小分解能)は0.03μmとなる。また、走査線1本当りのデータは128バイトとなる。ちなみに、図3において、0~7Eバイトまではイメージスキャナ3におけるシステム情報領域とされており、7Eバイト以降が画像データ領域とされている。

【0020】また、画像ファイルデータ6は、上記のようにシーケンシャルファイル形式で構成されるが、各ドットのデータの意味は、図4に示すように、1ドットの情報を明(1)と暗(0)とで区別し、4ドット単位で16進数化された符号データとして表現される。この符号データを再生することにより、CRT5上に画像を表示することができる。

【0021】次いで、第2工程として、コントラストのプロファイル像を得る工程を行う。ここに、SEM平面像7と実際の溝8の断面形状との関係を図示すると、図1(a)(b)に示すようになり、SEM平面像7では溝8のスロープ部分が最も明るくなり、溝8の底部部分が最も暗くなる特徴がある。そこで、SEM平面像7において、 ΔS (=1×Y_{WIN} dots)当りに存在する“明”(1)の数を Δt とし、x方向(溝8の幅方向)に順次走査することにより、図1(c)に示すようなコントラストのプロファイル像が得られる。前記 ΔS は、溝8の幅方向と垂直をなす溝方向Yに任意の長さY_{WIN}と幅方向Xに画素の最小単位の1ドット分の長さ1とで囲まれた測定単位領域を意味する。

【0022】次に、第3工程として、第2工程で得られたコントラストのプロファイル像において、溝8の開口部幅W1を測定するためのエッジ検出用の上限のスライスレベルHLVと、溝8の底部幅W2を測定するためのエッジ検出用の下限のスライスレベルLLVとを算出設定し、各々の幅W1、W2を得る処理を行う。ここに、

各スライスレベルHLV、LLVは、SEM写真の明暗におけるエッジ検出誤差を防止するため、次式に基づき算出する。

$$HLV = AVG \times SLU \quad (1 < SLU < 2)$$

$$LLV = AVG \times SLB \quad (0 < SLB < 1)$$

(ただし、AVGはコントラストのプロファイル像から算出した ΔS 当りの“明”の数の平均値)

ここに、SLU、SLBの値は任意に設定可能であるが、ノイズ成分による誤差を防止するため、標準値として、SLU=1.4、SLB=0.4に設定される。

【0023】さらに、第4工程として、図6に示すように、第3工程で算出設定されたスライスレベルHLV、LLVに基づき検出される1つのエッジ、ここでは、スライスレベルHLVにより検出される溝8の開口部における右側のエッジを用いて、隣接溝間のトラックピッチTPを算出する処理を行う。もっとも、スライスレベルHLVによって検出される開口部の右側のエッジに限らず、左側のエッジでもよく、また、スライスレベルLLVによって検出される底部の右側又は左側のエッジを用いてトラックピッチTPを算出するようにしてもよい。

【0024】これらの第1~4工程による一連の処理が、請求項1記載の発明に対応する溝形状測定方法であり、作業者によるSEM平面像7の全体的な明暗差やコントラスト差に合わせて、自動的に溝8のエッジを検出するスライスレベルを設定できるので、SEMによる特徴を活かしながら測定誤差を小さくできる。

【0025】次に、前述したような溝形状測定装置1を用いて、SEMによりサンプルの溝の断面サンプルから得られる2次電子像(断面像)に基づく溝形状の測定原理について説明する。画像処理に関する第1工程は、上記の場合と同様である。

【0026】次いで、第2工程として、コントラストのプロファイル像を得る工程を行う。ここに、SEM断面像9と実際の溝8の断面形状との関係を図示すると、図5(a)(b)に示すようになり、SEM断面像9では溝断面部分が明るくなり、その他の領域(バックグラウンド)は暗くなる特徴がある。そこで、SEM断面像9において、 ΔS (=1×Y_{WIN} dots)当りに存在する

“明”(1)の数を Δt とし、x方向(溝8の幅方向)に順次走査することにより、図6(c)に示すようなコントラストのプロファイル像が得られる。前記 ΔS は、溝8の幅方向と垂直をなす深さ方向yに任意の長さY_{WIN}と幅方向xに画素の最小単位の1ドット分の長さ1とで囲まれた測定単位領域を意味する。

【0027】次に、第3工程として、第2工程で得られたコントラストのプロファイル像において、溝8の開口部幅W1を測定するためのエッジ検出用の上限のスライスレベルHLVと、溝8の底部幅W2を測定するためのエッジ検出用の下限のスライスレベルLLVとを算出設定し、各々の幅W1、W2を得る処理を行う。ここに、

各スライスレベルHLV, LLVは、SEM写真の明暗におけるエッジ検出誤差を防止するため、次式に基づき算出する。

$$HLV = \text{Max} - PP \times SLU \quad (0 < SLU < 0.5)$$

$$LLV = \text{Min} + PP \times SLB \quad (0 < SLB < 0.5)$$

(ただし、Maxは各測定単位領域 ΔS 内に存在する“明”的数の最大値、Minはその最小値、PPはその差($=\text{Max}-\text{Min}$))

この場合も、SLU, SLBの値は任意に設定可能であるが、ノイズ成分による誤差を防止するため、標準値として、 $SLU = SLB = 0.25$ に設定される。

【0028】さらに、第4工程として、図6に示すように、第3工程で算出設定されたスライスレベルHLV, LLVに基づき検出される1つのエッジ、ここでは、スライスレベルHLVにより検出される溝8の開口部における右側のエッジを用いて、隣接溝間のトラックピッチTPを算出する処理を行う。もっとも、この場合も、スライスレベルHLVによって検出される開口部の右側のエッジに限らず、左側のエッジでもよく、また、スライ

$$\Delta t'_i = \frac{1}{n} \sum_k \Delta t_{i+k}$$

により算出するようにしている。ここに、nは $n \geq 3$ なる奇数であり、図1に例示したようなSEM平面像7の場合には $n = 3$ で、 $k = -1, 0, 1$ とし、図5に示したようなSEM断面像9の場合には $n = 5$ で、 $k = -2, -1, 0, 1, 2$ を標準の設定条件としている。

【0031】このようなスムージング処理によれば、SEM像のざらつきや信号ノイズによる誤差が除去されるので、エッジ検出の誤動作を防止できる。

【0032】さらに、本実施例では、溝幅及びトラックピッチの測定を1本の溝8単位でなく、少なくとも2本以上の溝8に関して1回の測定で可能とされ、かつ、その測定結果の平均値及び標準偏差も算出可能とされている。即ち、1回の測定対象が少なくとも2本以上の溝8となるように測定範囲を設定し、各溝8に関する測定結果の平均値と標準偏差とを算出できるように構成されている（請求項4記載の発明に対応する）。特に、画像の任意の範囲を測定範囲として指定するために、溝8の幅方向xの長さ設定と溝の幅方向と垂直な方向yの長

コマンド	起動キー	機能
File	F	イメージファイルの呼出し・表示
Measure	M	溝幅、トラックピッチの測定
Mag	G	倍率の設定
Cursor	C	カーソル移動距離の変更、測定範囲の変更
Profile	P	グループ、ハーフグループの選択
Slice	S	スライスレベルの変更

スレベルLLVによって検出される底部の右側又は左側のエッジを用いてトラックピッチTPを算出するようにしてもよい。

【0029】これらの第1～4工程による一連の処理が、請求項2記載の発明に対応する溝形状測定方法であり、作業者によるSEM断面像9の全体的な明暗差やコントラスト差に合わせて、自動的に溝8のエッジを検出するスライスレベルを設定できるので、SEMによる特徴を活かしながら測定誤差を小さくできる。

【0030】ところで、請求項1又は2記載の発明に対応する溝形状測定方法を実施する上で、SEM平面像7やSEM断面像9が粗く、測定時に誤差が大きい場合には、像のスムージング処理を実行するのが望ましい。そこで、ここでは第2工程において、コントラストのプロファイル像のノイズ成分を除去するために、スムージング処理を行うようにしている（請求項3記載の発明に対応する）。このスムージング処理は、図7中に示すように、各測定単位領域 ΔS を順次走査して得られるコントラストのプロファイル像の各生データ Δt_i としたとき、スムージング処理後の各データ $\Delta t'_i$ を、

【数3】

さ設定とが独立的とされている（請求項5記載の発明に対応する）。この場合、測定範囲の設定を簡単なキーボード操作で行えるようにするために、矢印キー（“→” “←” “↑” “↓”）によるカーソル範囲選定機能を有している。

【0033】これによれば、自動的に各測定結果が統計処理されて表示されることになるので、作業者が溝形状の品質を測定後に直ぐに判断できるものとなる。また、測定範囲の設定も簡単なキーボード操作により行うことができ、測定に要する時間を短縮できる上に、作業者への負担が少ないものとなる。

【0034】ところで、本実施例のパソコン2におけるキーボードでは、作業者の操作性を向上させるために、1文字入力で、各コマンドを起動させる機能が、処理手段により持たされている。即ち、キーボードからのコマンド入力を各コマンド毎に割当てた1つのキー入力により行えるように構成されている（請求項6記載の発明中の1つの構成要件に対応する）。具体的には、

Copy	O	測定結果のプリントアウト
Directory	D	イメージファイルのディレクトリ一覧表示
End	E	プログラムの終了

のように割当てられている。

【0035】ここに、前述のように、SEM平面像7又はSEM断面像9から検出されたエッジを基に、溝の開口部幅W1、底部幅W2及びトラックピッチTPを算出測定するために、パソコン2のROM等に格納されているプログラム内容を図8及び図9のフローチャートに簡単に例示する。まず、図8は各コマンド処理を統括するメイン制御手段により実行されるメインプログラムの内容を示し、各パラメータの初期設定の後、CRT5にメニューを表示させ、キーボード入力があれば、そのキーに対応するコマンドを解読し、解読された各コマンド処理の図9に示すようなサブルーチン1～9の処理に移行し、測定を行い、測定が終了するまで（測定終了コマンド“E”が押下されるまで）、同様の処理を繰り返す。

【0036】図9は上記のメイン制御手段により統括される各サブルーチンの内容を簡単に示すものである。まず、同図(a)は、キーボードにおいてコマンド操作として“F”キーが押下された場合のイメージファイルの呼出し・表示のためのサブルーチン1を示し、イメージファイル名が入力されると、そのファイルを読み出してCRT5へそのイメージを表示し、後述する各処理に供する。この処理は、画像ファイルの入出力を実行する手段により行われる。

【0037】同図(b)は、キーボードにおいてコマンド操作として“→”“←”“↑”又は“↓”キーなる測定範囲を移動・設定するための矢印キーが押下された場合のサブルーチン2を示し、これらの矢印キーが押下された場合にはそのキーに従いカーソルを移動させて、測定範囲を移動させる。この処理は、溝に関する測定範囲をカーソルにより移動させる手段により実行される。

【0038】同図(c)は、キーボードにおいてコマンド操作として“C”キーが押下された場合の測定範囲の大きさの設定のためのサブルーチン3を示す。この測定範囲の大きさ X_{WIN} 、 Y_{WIN} は上記の“→”“←”

“↑”“↓”なる矢印キーにてカーソルを所望の位置まで移動させることにより行われ、このような測定範囲の指定又は変更がなされると、そのカーソル位置に応じて測定範囲の変更処理が行われる。この処理は、測定範囲の大きさを設定する手段により実行される。また、請求項5記載の発明の溝形状測定方法を実行するものともなる。

【0039】同図(d)は、キーボードにおいてコマンド操作として“G”キーが押下された場合の画像の倍率を指定（変更を含む）するためのサブルーチン4を示す。このサブルーチン4においては、倍率の指定又は変更がなされると、倍率のパラメータが変更され、それに応じてスケールが変更されて所望の倍率画像とされる。

この処理は、画像の倍率を指定する手段により実行される。

【0040】同図(e)は、キーボードにおいてコマンド操作として“S”キーが押下された場合のスライスレベルを変更するためのサブルーチン5を示す。このコマンド操作の後、スライスレベルHLV又はLLVの各パラメータを入力すると、スライスレベルHLV又はLLVの各パラメータが変更される。この処理は、コントラストのプロファイル像においてエッジを検出するためのスライスレベルを設定する手段により実行される。

【0041】同図(f)は、キーボードにおいてコマンド操作として“D”キーが押下された場合のイメージファイル一覧のためのサブルーチン6を示す。このサブルーチン6においては、イメージファイルのディレクトリを読み出してCRT5へそのディレクトリを表示する。この処理は、ファーリングされた画像ファイルの一覧をCRT5に表示させる手段により実行される。

【0042】同図(g)は、キーボードにおいてコマンド操作として“M”キーが押下された場合の溝幅W1、W2やトラックピッチTPを測定するためのサブルーチン7を示す。このサブルーチン7においては、前述した測定方法のように、コントラストのプロファイル像を計算し、スムージング処理した後、スライスレベルHLV、LLVを計算し、コントラストのプロファイル像からエッジを検出し、かつ、溝本数nを算出する。そこで、変数kをk=1として、対応する開口部幅W1(k)、W2(k)及びトラックピッチTP(k)を、kが溝本数nを超えるまで順次計算する。n本の溝について各々算出したら、開口部幅W1、W2及びトラックピッチTPの各々の平均値及び標準偏差を算出し、これを測定結果としてCRT5に表示させ、作業者に知らせる。この処理は、溝幅W1、W2やトラックピッチTPを測定して結果をCRT5に表示させる手段により実行される。

【0043】同図(h)は、キーボードにおいてコマンド操作として“O”キーが押下された場合の測定結果をプリントアウトするためのサブルーチン8を示す。このサブルーチン8においては、前述したサブルーチン7で得られてCRT5に表示された測定結果がプリンタ（図示せず）によりプリントアウトされる。この処理は、CRT5の表示内容を印刷形態で出力させる手段により実行される。

【0044】同図(i)は、キーボードにおいてコマンド操作として“P”キーが押下された場合の測定対象の指定処理のためのサブルーチン9を示す。このサブルーチン9においては、測定対象の指定入力がなされた場合に測定対象を変更するものであり、具体的には、測定対

象としてグループ（図10（b）参照）とハーフグループ（図10（a）参照）との選択処理となる。即ち、SEM平面像7とSEM断面像9による溝幅測定結果は、その観察原理から値が異なるが、溝断面形状がV形或いはU形のハーフ溝（ハーフグループ）の場合でも、台形状の通常の溝（グループ）の場合でも、図11（a）（b）に示すように、幅W1、W2に関して、測定値の互換性があるからである。このようなバックデータを基に、SEM平面像7からの観察でも溝幅W1、W2を測定することが可能となる。

【0045】いま、具体例として、SEM平面像7の場合の実測例を図12を参照して説明する。この場合は、以下に示すような条件下での実測例である。

```
>Image file name : w03 .....ファイル名
>Cursor conditions :
Position X= 53   Y=195
Move      X=  2   Y=  2   .....カール移動距離
Window    X=240   Y=  8   .....測定範囲の大きさ
>Slice levels Conditions:
Upper      avg * 1.40   .....スライスレベル
Lower      avg * 0.40
>Magnification : 10000 .....写真倍率
>Error code : Good
>Profile : 1(G) 2(HG)
Shape      Groove .....対象とする溝
>Measurement Results:
No      W1      W2      TP
1  0.805  0.369  1.610  .....測定結果
2  0.805  0.369  1.610  "
3  0.805  0.335  1.610  "
4  0.771  0.369  1.577  "
5  0.805  0.369  "      "
6  "      "      "
Avg 0.798  0.362  1.602
std 0.015  0.015  0.017
```

図中、枠線10で囲んで示す範囲が、 X_{WIN} 、 Y_{WIN} により設定される測定範囲である。

【0046】また、具体例として、SEM断面像9の場合の実測例を図13を参照して説明する。この場合は、以下に示すような条件下での実測例である。

```
>Image file name : w012
>Cursor conditions :
Position X= 45   Y=197
Move      X=  2   Y=  2
Window    X=260   Y= 12
>Slice levels Conditions:
Upper      down -0.25
Lower      up    +0.25
>Magnification : 20000
>Error code : Good
```

>Profile :

Shape Danmen

>Measurement Results:

No	W1	W2	TP
1	0.503	0.319	1.644
2	0.486	0.285	1.593
3	0.470	0.302	
4			
5			
6			
Avg	0.486	0.302	1.618
std	0.017	0.017	0.036

【0047】

【発明の効果】請求項1及び2記載の発明の溝形状測定方法によれば、SEMにより溝の表面観察又は断面サンプルから得られる2次電子像に基づき前記溝の幅やトラックピッチなどの溝形状要素を測定する溝形状測定方法において、前記溝の2次電子像をシーケンシャルファイル形式の画像ファイルデータに変換する第1工程と、第1工程で得られた前記画像ファイルデータに基づき、前記溝の幅方向と垂直をなす溝方向又は深さ方向に任意の長さと前記幅方向に画素の最小単位の1ドット分の長さとで囲まれた測定単位領域内に存在する“明”の数を、前記幅方向に順次走査したコントラストのプロファイル像を得る第2工程と、第2工程で得られたコントラストのプロファイル像において、前記各測定単位領域内に存在する“明”の数の平均値をAVGとしたとき、溝の開口部幅を測定するためのエッジ検出用のスライスレベルHLVと、前記溝の底部幅を測定するためのエッジ検出用のスライスレベルLLVとを、各々

$$HLV = AVG \times SLU \quad (1 < SLU < 2)$$

$$LLV = AVG \times SLB \quad (0 < SLB < 1)$$

により算出設定し、又は、第2工程で得られたコントラストのプロファイル像において、前記各測定単位領域内に存在する“明”の数の最大値をMax、最小値をMin、その差をPPとしたとき、溝の開口部幅を測定するためのエッジ検出用のスライスレベルHLVと、前記溝の底部幅を測定するためのエッジ検出用のスライスレベルLLVとを、各々

$$HLV = Max - PP \times SLU \quad (0 < SLU < 0.5)$$

$$LLV = Min + PP \times SLB \quad (0 < SLB < 0.5)$$

により算出設定する第3工程と、第3工程で算出設定されたスライスレベルHLV、LLVに基づき検出される溝開口部又は底部のエッジの1つを用いて隣接溝間のトラックピッチを算出する第4工程とを備えたので、作業者によるSEM像の全体的な明暗差やコントラスト差に合わせて自動的に溝の開口部幅や底部幅を測定するためのエッジ検出用の2段階のスライスレベルHLV、LLV

Vが第3工程で設定されるものとなり、溝断面観察に最も優れたSEM観察による特徴を活かしつつ、測定誤差の小さい状態で溝幅やトラックピッチを測定できる等の効果を有する。

【0048】請求項3記載の発明の溝形状測定方法によれば、SEM像のざらつきや信号ノイズによる誤差成分を所定の演算式によるスムージング処理により除去するようにしたので、これらの請求項1、2記載の発明の溝形状測定方法においてコントラストのプロファイル像から溝のエッジを検出する際の誤動作を極力防止することができる等の効果を有する。

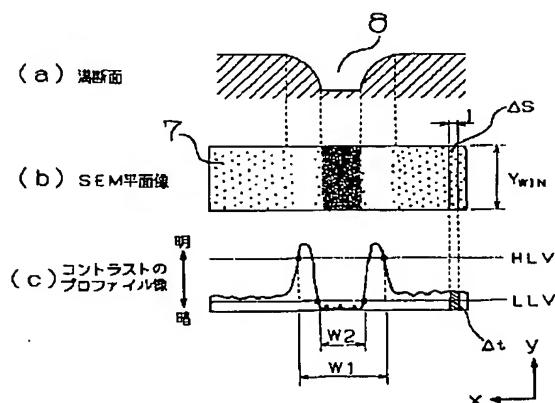
【0049】請求項4記載の発明の溝形状測定方法によれば、これらの請求項1又は2記載の発明の溝形状測定方法に関して、1回の測定において複数の溝を測定対象とし、各溝に関する測定結果の平均値や標準偏差を算出するようにしたので、作業者は溝形状の品質を測定後に直ぐに判断できる等の効果を有する。

【0050】請求項5記載の発明の溝形状測定方法によれば、請求項4記載の発明の溝形状測定方法を実施する上で、測定範囲を設定自在としたので、作業者にかける負担を軽くして、測定に要する時間を短縮できる等の効果を有する。

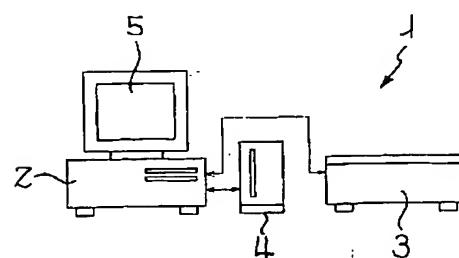
【0051】請求項6記載の発明の溝形状測定装置によれば、前述した各溝形状測定方法を実施する装置として、基本的に、ホストコンピュータと画像入力装置と画像ファイルのメモリセーバとにより構成することができるので、低価格で構成できる上に、キーボードからのコマンド入力を各コマンドに割当てた1つのキー入力で行えるので、簡単なキーボード操作で測定を行うことができ、作業効率よく測定を行える等の効果を有する。

【図面の簡単な説明】

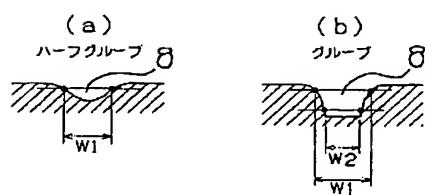
【図1】



【図2】



【図10】



【図1】 本発明の一実施例中、請求項1記載の発明の第2、3工程の処理を説明するための説明図である。

【図2】 本発明の一実施例中、請求項6記載の発明の構成を示す装置全体の概略正面図である。

【図3】 シーケンシャルファイル形式の画像データ例を示す説明図である。

【図4】 シーケンシャルファイル形式の画像データの各ドットの意味を説明するための説明図である。

【図5】 本発明の一実施例中、請求項2記載の発明の第2、3工程の処理を説明するための説明図である。

【図6】 第4工程の処理を説明するための説明図である。

【図7】 スムージング処理を説明するための説明図である。

【図8】 メインプログラムの内容を示すフローチャートである。

【図9】 各サブルーチンプログラムの内容を示すフローチャートである。

【図10】 ハーフグループ及びグループの形状を示す断面図である。

【図11】 開口部幅及び底部幅に関する平面像と断面像との測定値の互換性を示す特性図である。

【図12】 SEM平面像の実測例を示す説明図である。

【図13】 SEM断面像の実測例を示す説明図である。

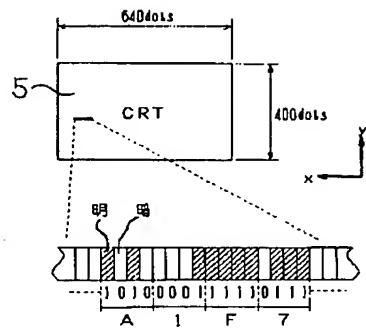
【符号の説明】

2	ホストコントローラ
3	画像入力装置
4	メモリセーバ
5	表示器
8	溝

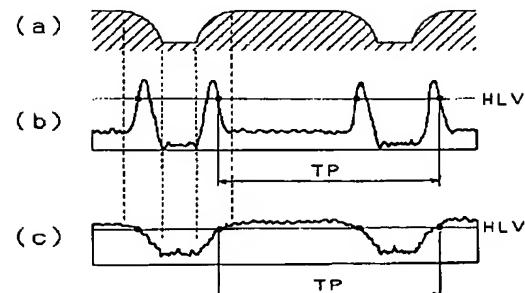
【図3】

	6
(10)	0 0 40 1 0 0 E8 0 - 0 0 1 0 1 0 0 0 0
(20)	0 0 40 24 0 0 0 80 7 - 0 0 0 80 7 0 0 0 0
(30)	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 FF FF FF 0 1 0 0 0
(40)	0 0 32 0 32 0 1 95 - 0 91 0 B1 0 52 0 40 0
(50)	1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 - 1 80 2 1 0 0 0 0 0
(60)	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 - 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
(70)	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 - 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
(80)	BT FF FF FF FF FF FF - FF FF FF FF FF FF FF FF
(90)	FF FF FF FF FF FF FF - FF FF FF FF FF FF FF FF
(A0)	FF FF FF FF FF FF FF - F DD 55 56 D9 E5 SF FF
(B0)	6D 8F FF FD FF
(C0)	FF FF FF FF FF FF FF - FF FF FF FF FF FF FF FF 24 99
(D0)	F F3 53 49 25 70 3F B4 - AD A5 29 72 3F EA 86 BB
(E0)	0B 72 7F FF
(F0)	FF FF FF FF FF FF 12 B8 - 4F E4 AA 2A 92 FD 3F D6
(100)	92 49 12 ED B7 9A A4 D2 - 37 C4 7F B5 68 AB 55 72
(110)	7F 88 CD 88 BF FF FF FF - FF FF FF FF FF FF FF 49 30
(120)	F D0 24 A4 54 ED 0F D8 - 49 24 65 ED 3F F5 4D 24
(130)	C4 E1 3F D6 44 92 55 F0 - 7F 6C B1 4A 64 ED 7F 8A
(140)	8A 55 35 F4 FF FF 25 58 - 1F E9 51 49 25 70 3F A5
(150)	A4 92 89 70 3F E5 5A 69 - 28 C0 7F 64 99 14 92 C0
(160)	3F 09 26 24 CA E0 7F E2 - B2 44 D2 C1 3F DA 80 38
(170)	F EA AD 14 C9 60 3F ED - 2A 52 52 ED 3F 5A 82 88
(180)	21 E0 7F 99 21 82 49 ED - 7F 98 4B 92 11 82 3F 86
(190)	44 8A 8A 10 7F 53 24 88 - F F5 29 82 12 F0 1F 82
(1A0)	51 49 14 A0 7F EA A9 32 - 56 C0 7F B2 C4 9 2A ED
(1B0)	3F 71 92 49 55 C0 7F D9 - 49 30 28 60 3F AC 44 B4
(1C0)	1F D5 52 48 A4 E1 3F D9 - 44 22 49 ED 3F B5 25 4C
(1D0)	52 E0 3F 68 12 D4 A4 ED - 7F C0 29 24 52 60 3F A2
(1E0)	92 44 45 00 BF AA 15 38 - F D8 84 95 8 60 1F D5
(1F0)	2A C9 29 00 3F CA 52 49 - 49 60 7F C9 6A 25 15 70

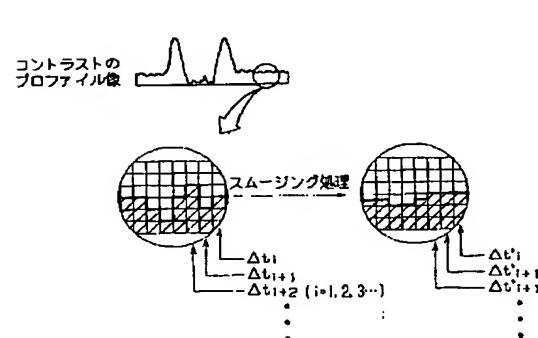
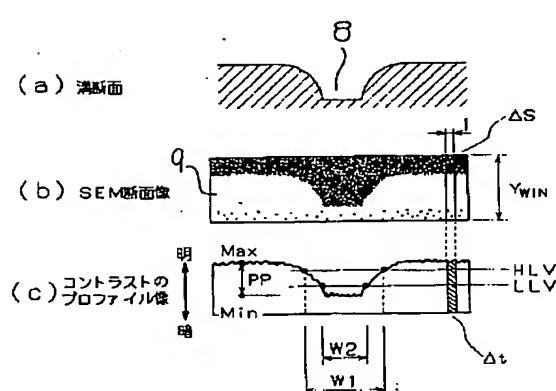
【図4】



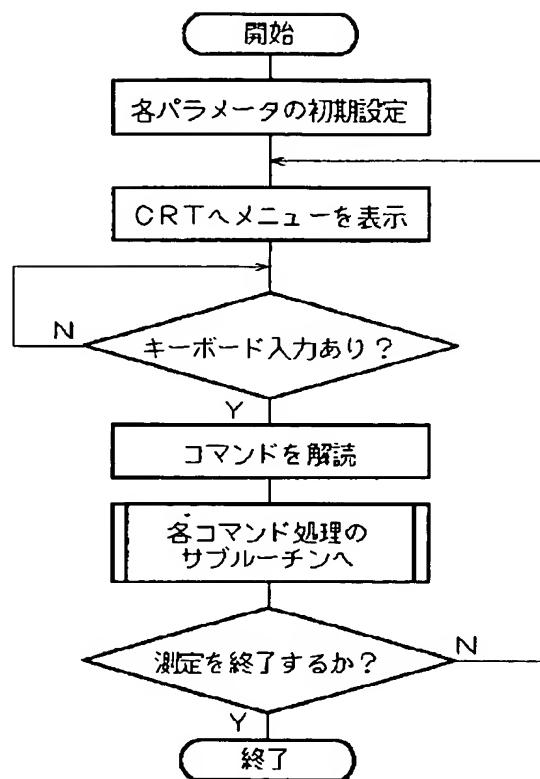
【図6】



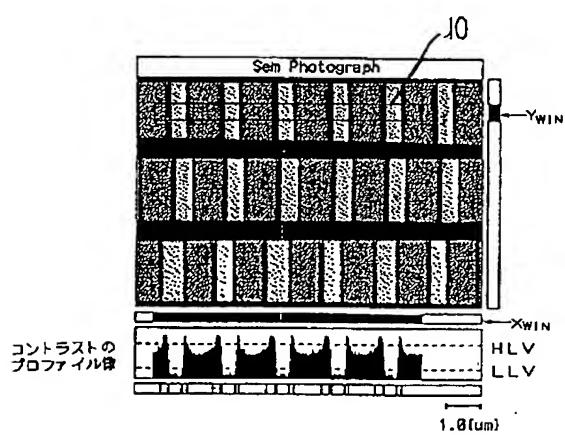
【図5】



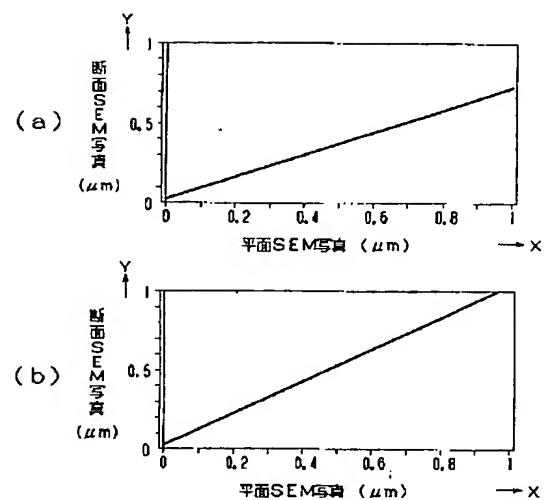
【図8】



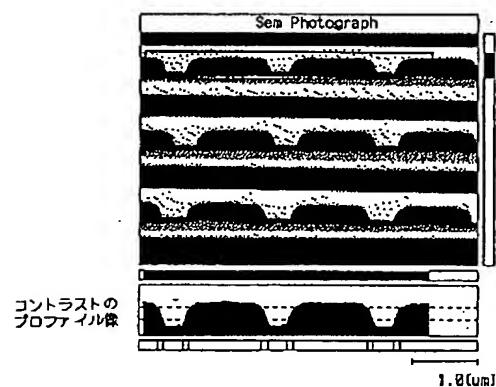
【図12】



【図11】



【図13】



【図9】

